

**Antioxidantes Inorgânicos em Frutos Amazônicos****Inorganic Antioxidants in Amazonian Fruits**

DOI:10.34117/bjdv6n3-184

Recebimento dos originais: 13/02/2020

Aceitação para publicação: 13/03/2020

**Carlos Victor Lamarão**

Doutor em Biotecnologia pela UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM,  
Brasil

E-mail: victorlamarao@ufam.edu.br

**Maria Letícia de Sousa Gomes**

Graduanda em Eng. de Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM,  
Brasil

E-mail: m.leticiaep@hotmail.com

**Gabriel Alexandre Silva Martins**

Graduando em Eng. De Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM,  
Brasil

E-mail: alexandre240527@gmail.com

**Charline Soares dos Santos Rolim**

Graduanda em Eng. de Alimentos pela Faculdade de Ciências Agrárias

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM,  
Brasil

E-mail: charlinerolim@gmail.com

**Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi**

Doutora em Química pela UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas – Campus Coari

Endereço: Estrada Coari-Mamiá, 305 – Espírito Santo, Coari - AM, Brasil

E-mail: klenicy@yahoo.com.br

**Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto**

Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I, Manaus - AM,  
Brasil

E-mail: eydesaraiva@ufam.edu.br

**Cláudia Cândida Silva**

Doutora em Físico-Química pelo IQSC/USP

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas

Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200 - Parque 10, Manaus - AM, Brasil

E-mail: claudiacsbr@gmail.com

**Valdir Florêncio da Veiga Júnior**

Doutor em Química Orgânica pela UFRJ

Instituição: Instituto Militar de Engenharia

Endereço: Praça Gen. Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

E-mail: Valdir.veiga@gmail.com

## RESUMO

A região amazônica apresenta várias espécies frutíferas com potencial agrônomo, tecnológico, nutricional e econômico. Existem poucas informações sobre a composição inorgânica de muitas destas matérias-primas. Este trabalho objetivou avaliar a concentração de elementos inorgânicos presentes em resíduos e/ou subpartes de dezoito espécies frutíferas nativas da região amazônica brasileira a partir do uso da técnica de “ED-X-ray fluorescence”. Os elementos minerais K, P, Si e Na apresentaram as maiores concentrações nas diversas frutíferas e suas subpartes estudadas exibiram, em menor concentração, os elementos Mg, Ca, S, Cl, Fe, Rb, Ba, Ti, Co, Al, Sr, Br e Ag. Tais resultados quantitativos encontrados aqui foram obtidos pela primeira vez, em se tratando de resíduos e/ou subpartes de frutíferas amazônicas.

**Palavras-chave:** Amazônia; resíduos; minerais; EDXRF.

## ABSTRACT

The Amazon region has several fruit species with agronomic, technological, nutritional and economic potential. There is little information on the inorganic composition of many of these raw materials. This work aimed to evaluate the concentration of inorganic elements present in residues and/or subparts of eighteen fruit species native to the Brazilian Amazon region using the ED-X-ray fluorescence technique. The mineral elements K, P, Si and Na showed the highest concentrations in the various fruit trees and their subparts showed, in lower concentration, the elements Mg, Ca, S, Cl, Fe, Rb, Ba, Ti, Co, Al, Sr, Br and Ag. Such quantitative results found here were obtained for the first time, in the case of residues and/or subparts of Amazonian fruit.

**Keywords:** Amazon; residues; minerals; EDXRF.

## 1 INTRODUÇÃO

Inúmeras literaturas já demonstraram o potencial nutracêutico de frutas e vegetais consumidos pela população de maneira geral, pois muitas são ricas em compostos bioativos que promovem boa saúde, aprimorando o estado fisiológico de quem as utilizam (HASSIMOTTO et al., 2005). O Brasil possui inúmeros produtos de origem vegetal, comercializados *in natura* ou processados (polpas, geléias, sucos, entre outros), tendo, contudo, pouco aproveitamento de seus resíduos por parte da indústria ou da pesquisa. Estes resíduos ou subpartes de plantas podem constituir importante fonte de renda tanto para produtores como também para consumo popular (SILVA et al., 2007; GORINSTEIN et al., 2011).

O crescente interesse mundial por matérias-primas nativas do Brasil tem impulsionado a realização de pesquisas na Amazônia, um dos biomas nacionais que contribui muito para o fornecimento dessas frutas. Na região amazônica, encontra-se expressiva diversidade de espécies frutíferas, relativamente bem conhecidas no que concerne aos aspectos botânicos, porém pouco estudadas no que se refere às características agronômicas, agroindustriais e químicas. A caracterização de tais produtos, tanto o fruto como o resíduo, torna-se importante para a constatação da presença de compostos bioativos, além de gerar benefícios para a população amazônica, tais como socio-econômico, através da geração de renda pelo aumento no consumo do produto como um todo, e na saúde, pelo potencial nutracêutico (HASSIMOTTO et al., 2005; KUSKOSKI et al., 2005; ROESLER et al., 2006; SILVA et al., 2007).

Entre os produtos regionais com maior potencialidade econômica, destacam-se as frutas nativas, óleos vegetais, óleos essenciais, corantes naturais, fitomedicamentos, resinas e fibras, principalmente quando oriundos de frutos como açaí, piquiá, camu-camu, cupuaçu e bacuri (NASCENTE; ROSA NETO, 2005; DANTAS; MONTEIRO, 2007; FRAZÃO; HOMMA, 2006).

Dentre as muitas possibilidades bioativas observadas, a atividade antioxidante de frutas e hortaliças tem despertado crescente interesse nos setores cosméticos e farmacêuticos. Tal ação está especialmente ligada à concentração de compostos fenólicos, carotenoides, vitamina E e C. No entanto, a atividade antioxidante destes vegetais também pode estar ligada ao seu conteúdo inorgânico, ou seja, à sua composição mineral. Esses elementos têm função importante na saúde humana, sendo cada vez mais usados na prevenção de doenças, o que vale para os elementos antioxidantes zinco, cobre, manganês e selênio. (RICE-EVANS,

MILLER; PAGANGA, 1996; ROBARDS; ANTOLOVICH, 1997; CADENAS; PACKER, 2002; BENZIE, 2003; MILTON, 2003; SMOLIN; GROSVENOR, 2007).

O sistema fisiológico possui mecanismos naturais para se preservar dos processos oxidativos ao longo do tempo, buscando eliminar os radicais livres que se acumulam na célula em decorrência de seu metabolismo e respiração. Um radical livre é qualquer átomo, molécula ou íon que possui um ou mais elétrons livres no seu orbital externo (PIEREZAN et al., 2017). Esses apresentam grande capacidade reativa, captando elétrons de qualquer composto que esteja próximo para sua estabilização dentro do organismo, ocasionando reações em cadeia de lesão celular. O efeito prejudicial dos radicais livres ocorre quando eles estão em quantidade excessiva no organismo, ultrapassando a capacidade de neutralizá-los, tornando assim, o consumo de alimentos ricos em antioxidantes, fator indispensável para a manutenção da qualidade de vida por parte do indivíduo (KUSS, 2005).

A técnica de fluorescência por raios-X, quando comparada com estudos que se valem de outros métodos de detecção, identificou um número maior de elementos minerais em muitas das amostras estudadas. Outros estudos evidenciam o uso desta técnica, relatando que amostras de uma substância qualquer, na qual se pretende descobrir os elementos constituintes e suas respectivas concentrações, de maneira rápida e sem destruição, atingiram resultados muito satisfatórios (NASCIMENTO FILHO, 1999; OLIVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010).

Tal aspecto torna a técnica válida para verificar, por exemplo, a detecção de macroelementos importantes (Ca, P, Na, K, Cl e Mg) na composição da maioria dos frutos analisados, além de microelementos como Zn, Mn, Cu e Se, nutrientes essenciais não apenas para as plantas, mas também para o homem, pois agem como elementos antioxidantes (ROGEZ, 2000).

Assim, o conhecimento das características inorgânicas dos alimentos regionais e suas subpartes, tradicionalmente consumidos e/ou usados pela população local, é de suma importância, pois gera informações indispensáveis à orientação nutricional, permitindo elaboração de dietas saudáveis e desenvolvimento de novos produtos, fornecendo subsídios à identificação das espécies promissoras. Neste contexto e pela razão maior da exiguidade das informações a respeito da constituição inorgânica das espécies de frutíferas nativas da Amazônia, este trabalho objetivou avaliar a composição dos minerais presentes em resíduos e/ou subpartes de dezesseis espécies frutíferas nativas da região amazônica brasileira.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de abiu (*Pouteria caimito*), acerola (*Malpighia puniceifolia*), bacurizinho (*Rheedia gadrneriana*), biribá (*Rollinia mucosa*), buriti (*Mauritia flexuosa*), cará (*Dioscorea trifida*), carambola (*Averrhoa carambola*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), graviola (*Annona muricata*), guaraná (*Paulinnia cupana*) e ingá (*Inga edulis*) foram coletadas em solo de terra firme do município de Coari (AM) e as amostras de bacuri (*Platonia insignis*) e uxi (*Endopleura uchi*) foram coletadas em solo de terra firme do município de Santo Antônio de Tauá (PA).

Após a coleta, 13 tipos de frutas foram devidamente armazenados e levados para o laboratório de Química de Produtos Naturais da Universidade Federal do Amazonas. Lá, foram limpas e separadas em polpa, casca e semente para posterior análise da composição inorgânica destas partes. Para esta análise, as amostras foram congeladas, secas em estufa, sob temperatura na faixa de 40 °C, durante o período de 24 horas e depois moídas. Foram pesados em balança analítica 4,0000 g de cera e 1,0000 g de amostra com granulometria uniforme e, com o auxílio de uma prensa de 40.000 Kgf, foram preparadas as pastilhas homogeneizadas (cera + amostra). Todas as coletas foram analisadas em triplicata.

### 2.2 COLETA DE DADOS POR FRXDE

Todas as análises foram realizadas usando um equipamento de espectroscopia de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (modelo EDX700 da Shimadzu). Padrões de referência geológicos GBW 3125, 7105 e 7113 foram utilizados para calibração do equipamento. Os dados foram obtidos usando tubo de ródio, com voltagem de 0 a 40 KeV, coletados com tempo de exposição de 250 segundos. Todos os elementos foram identificados por suas energias  $K\alpha$  ou  $L\alpha$  e a quantificação foi realizada com base nas intensidades cps/uA (GORAIEB, 2009).

### 2.3 QUANTIFICAÇÃO

Através de softwares matemáticos, relacionam-se os picos de emissão com as respectivas concentrações de um determinado elemento. Para cada elemento encontrado foi realizada quantificação utilizando-se padrões externos de sais de pureza conhecida, diluídos em cera, também de pureza conhecida, em pelo menos seis concentrações pré-determinadas,

os quais foram submetidos às mesmas condições de análise das amostras. Ao final suas quantificações foram realizadas baseando-se em suas intensidades (cps/uA), utilizando o programa OriginPro 7.5 (ORIGINLAB, 1991).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 ASPECTOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS**

A análise dos elementos minerais evidenciou que apenas na amostra da casca de *Rollinia mucosa* não foi detectado sódio (Na). Contudo, todas as amostras possuem em sua composição os elementos fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), sendo encontrados 9,35 %m/m de P na casca e 2,12 %m/m na semente de *Rheedia gardneriana*. Para o elemento Ca, foi verificado 1,41 %m/m na semente de *Malpighia puniceifolia*. Tais dados podem ser observados no Quadro 1.

<i>Fruit (Part and place collected)</i>	<i>Na<sup>1</sup></i>	<i>Mg<sup>1</sup></i>	<i>P<sup>1</sup></i>	<i>K<sup>1</sup></i>	<i>Ca<sup>1</sup></i>	<i>Al<sup>1</sup></i>	<i>Cl<sup>1</sup></i>	<i>Fe<sup>1</sup></i>	<i>Rb<sup>1</sup></i>	<i>Si<sup>1</sup></i>	<i>S<sup>1</sup></i>	<i>Ba<sup>1</sup></i>	<i>Co<sup>1</sup></i>	<i>Sr<sup>1</sup></i>	<i>Br<sup>1</sup></i>
<i>Pouteria caimito (Shell)</i>	0,20	0,21	2,36	1,47	0,30	-	-	0,05	0,02	-	0,63	-	-	-	-
<i>Malpighia punicifolia (Seed)</i>	0,25	0,63	7,27	1,12	1,41	-	0,04	0,05	-	2,62	0,98	-	-	-	-
<i>Platonia insignis (Shell)</i>	0,57	0,49	5,88	1,77	0,32	-	0,01	0,04	0,09	-	1,08	-	-	-	-
<i>Platonia insignis (Seed)</i>	0,14	0,30	2,89	1,08	0,34	-	0,01	0,05	0,08	-	0,55	-	-	-	-
<i>Rheedia gardneriana (Shell)</i>	0,98	0,54	9,35	1,35	1,19	-	-	0,07	0,03	2,62	0,53	-	-	0,08	-
<i>Rheedia gardneriana (Seed)</i>	0,45	0,69	2,64	2,13	0,73	-	-	0,05	0,05	-	0,60	-	-	0,09	-
<i>Rollinia mucosa (Shell)</i>	-	-	8,4	1,61	0,64	-	0,06	0,05	0,07	-	1,05	-	-	0,09	-
<i>Mauritia flexuosa (Shell)</i>	0,28	0,42	2,54	1,06	0,76	-	0,02	0,05	0,01	2,62	0,92	-	-	0,08	-
<i>Mauritia flexuosa (Seed)</i>	0,80	0,11	134	1,10	0,22	-	-	-	-	1,13	0,12	-	-	-	-
<i>Dioscorea</i>	0,32	0,40	1,46	1,51		-				2,61	0,92	-	-		-

Quadro 1. Elementos minerais submetidas à EDXRF.

<i>trifida</i> (Shell)					0,49		0,07	0,05	0,08					0,09	
<i>Dioscorea trifida</i> (Pulp)	0,63	0,68	2,84	1,86	0,96	-	0,04	0,05	0,02	2,57	1,29	-	-	0,06	0,80
<i>Averrhoa carambola</i> (Seed)	0,46	0,19	0,47	1,23	0,13	-	0,04	0,05	0,07	2,62	0,26	-	-	0,09	0,77
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Shell)	0,76	0,65	2,35	1,32	0,56	0,23	0,08	0,06	-	1,72	0,97	-	1,25	-	-
<i>Annona muricata</i> (Shell)	0,99	0,27	2,02	1,54	1,28	-	-	0,05	0,09	2,62	1,19	2,99	-	0,10	0,78
<i>Paulinnia cupana</i> (Shell)	0,16	0,48	6,48	1,17	0,59	-	0,02	0,05	0,05	2,61	0,88	-	-	0,09	0,79
<i>Inga edulis</i> (Shell)	0,24	0,38	6,46	0,62	0,44	-	0,09	0,06	0,06	2,62	0,62	-	-	0,09	-
<i>Inga edulis</i> (Seed)	0,88	0,25	0,33	1,33	1,02	-	-	0,05	0,06	2,62	0,55	-	-	0,10	-
<i>Endopleura uchi</i> (Shell)	0,22	0,21	2,36	1,47	0,30	-	-	0,05	0,05	-	0,63	-	-	-	-
<sup>1</sup> % (m/m)															

Fonte: Autores, 2019.

Para teores de elementos antioxidantes, observou-se que todas as amostras contêm o mineral cobre (Cu) exceto a semente de *Mauritia flexuosa*, sendo em maior quantidade na casca de *Theobroma grandiflorum*, contendo 1,03 % m/m. A casca de *Mauritia flexuosa* apresentou concentração maior de manganês (Mn), com 1,77 % m/m, enquanto *Dioscorea*



*trifida* demonstrou 1,54 % m/m do elemento zinco (Zn) em sua polpa, conforme observado no Quadro 2.

Das partes analisadas, as maiores detecções de elementos minerais e antioxidantes foram vistas na casca, sendo sugerível que os interesses da indústria nutracêutica sejam voltados para este tipo de resíduo.

O Quadro 2 mostra os elementos minerais que apresentam atividade antioxidante detectados em 18 amostras submetidas à técnica de fótons de alta energia gerados por um tubo de raios-X.

Quadro 2. Atividade antioxidante de minerais submetidos à técnica de fótons de alta energia.

<i>Fruit</i> (Part and place collected)	Zn <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>	Cu <sup>1</sup>
<i>Pouteria caimito (Shell)</i>	1,18	0,01	0,08
<i>Malpighia puniceifolia (Seed)</i>	1,36	-	0,08
<i>Platonia insignis (Shell)</i>	-	-	0,09
<i>Platonia insignis (Seed)</i>	-	-	0,07
<i>Rheedia gardneriana (Shell)</i>	1,40	1,24	0,08
<i>Rheedia gardneriana (Seed)</i>	1,18	-	0,08
<i>Rollinia mucosa (Shell)</i>	1,25	0,34	0,10
<i>Mauritia flexuosa (Shell)</i>	1,19	1,77	0,08
<i>Mauritia flexuosa (Seed)</i>	0,87	0,95	-
<i>Dioscorea trifida (Shell)</i>	1,28	1,13	0,08
<i>Dioscorea trifida (Pulp)</i>	1,54	1,32	0,08
<i>Averrhoa carambola (Seed)</i>	-	0,59	0,08
<i>Theobroma grandiflorum (Shell)</i>	1,12	0,76	1,03
<i>Annona muricata (Shell)</i>	1,53	0,73	0,08
<i>Paulinnia cupana (Shell)</i>	1,30	2,74	0,08
<i>Inga edulis (Shell)</i>	1,31	0,89	0,08
<i>Inga edulis (Seed)</i>	1,28	-	0,08
<i>Endopleura uchi (Shell)</i>	1,33	0,05	0,08
<sup>1</sup> % (m/m)			

Fonte: Autores, 2019.

O zinco (Zn) é um elemento importante para saúde humana, pois atua no crescimento e replicação celular, tem função fagocitária, imunitária, celular e humoral, atuando também na maturação sexual, fertilidade e reprodução. Este microelemento também atua na estabilização de lisossomos, nos processos de síntese proteica e de membrana para a circulação de elementos celulares (EVANGELISTA, 2010).

Por sua vez, o manganês (Mn) é um micronutriente encontrado em maiores quantidades no fígado, rim e pâncreas. A sua absorção é baixa, entre 1% a 5% do manganês ingerido é absorvido, sendo excretado principalmente pela bÍlis. Sua necessidade nutricional diária é de 1,2 mg para crianças com idade entre 1-3 anos, de 1,5 mg para crianças entre 4-8 anos, de 2,3 mg para homens maiores de 19 anos e de 1,8 para mulheres com idade maior que 19 anos (SILVA; MURA, 2010). Este mineral desempenha papel importante na função cerebral, no metabolismo dos lipídios e dos hidratos de carbono (MONTEIRO, 2017).

O cobalto (Co) é benéfico para os seres humanos, uma vez que é parte da vitamina B12, e ajuda na formação dos glóbulos vermelhos, particularmente das células da medula óssea, sistemas nervoso e gastrointestinal. Sua toxicidade é determinada pela dose nos níveis moleculares/celulares e, quando em excesso, pode causar disfunção da glândula tireoide, dermatites, cardiomiopatia, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade e policitemia. Sua carência causa anemia e retardo no crescimento (ALVES e ROSA, 2003). Apesar do Co ser bastante benéfico para o funcionamento do organismo, neste estudo, apenas no cupuaçu foi encontrada presença deste mineral. No entanto, esse fruto é bastante consumido e utilizado em várias formulações pela população do Amazonas, o que corrobora para a relevância de se conhecer o potencial dos resíduos e empregá-los na alimentação.

Assim como o cobalto, o bário (Ba) foi encontrado em apenas um fruto neste estudo, na graviola. O Ba não é considerado um elemento essencial para os seres vivos do ponto de vista biológico e dependendo da sua forma química pode ser tóxico, principalmente quando presente em sais solúveis. O sulfato de Ba, insolúvel, não é absorvido no trato gastrointestinal, sendo que a dose fatal para o homem é considerada de 550 a 600 mg. Dentre os sinais e sintomas de intoxicação, a exposição a compostos solúveis do Ba pode levar a efeitos tóxicos em vários sistemas fisiológicos, incluindo salivação, náusea, vômito, diarreia aquosa, dentre outros (MERLINO, 2010; MÖRSCHBÄCHER, 2012).

O silício Si é um metal de transição encontrado na natureza como sílica, estando envolvido na formação dos ossos, cartilagem e tecido conjuntivo, fazendo parte da composição de cabelos, unhas, parte da epiderme e epicutícula do cabelo. Além de participar

da formação do colágeno. (SANTOS, 2009; SCHLEIER, GALITESI, FERREIRA, 2014; SCHOLZE, 2015). Segundo Scholze (2015), este mineral é perdido facilmente no processamento de alimentos: apenas cerca de 2% do silício original é encontrado em alimentos refinados, o que ressalta a importância de reaproveitamento dos resíduos de frutos amazônicos, no qual dos 13 frutos analisados neste estudo, apenas 4 não apresentaram Si em sua composição.

O enxofre (S) foi encontrado em todas as amostras analisadas neste estudo. Este mineral possui funções energéticas, plásticas, de desintoxicação e potencializa a ação de uma série de vitaminas essenciais ao bom funcionamento do organismo. Está presente na constituição de todas as proteínas celulares, nos aminoácidos taurina, metionina, cistina e cisteína, e é indispensável para a síntese do colágeno. Participa do metabolismo de gorduras e carboidratos, da formação do coágulo sanguíneo e formação de algumas vitaminas. O seu excesso não foi encontrado em nível de toxicidade, uma vez que o S é excretado principalmente pela urina (PEREIRA, 2005).

Os minerais quando ingeridos são submetidos a várias interações durante o processo digestivo, influenciando positivamente ou negativamente a absorção. A biodisponibilidade e a utilização destes nutrientes dependem de fatores como as mudanças no pH gastrintestinal, alteração da valência do mineral (óxido-redução) e na construção de complexos e ligação do mineral com outro componente do alimento ou com um componente intermediário formado durante a digestão. Estas condições resultam na caracterização do mineral tanto como disponível quanto não-disponível para absorção, pois se trata de um processo dinâmico e não estático, onde reações ocorrem a cada segundo no organismo (COZZOLINO, 1997; BARRUETO-GONZALEZ, 2008).

Silva et al. (2011), estudando amostras de terra firme na região entre os municípios de Coari e Manaus, verificaram teores elevados dos elementos Ca e P. Isso é resultante da incorporação, por populações pré-colombianas, de resíduos orgânicos ricos em P, sobretudo espinhas de peixes, ossos de mamíferos e quelônios e, em alguns casos, possivelmente, ossos humanos (LIMA, 2001; LIMA et al., 2002). Proporcionalmente, foram encontrados teores significativos de Ca e P nos frutos coletados na região de Coari, demonstrando a influência do solo na composição dos frutos. Silva et al. (2011) também verificaram níveis baixos do elemento Fe, tanto em solos de terra firme quanto em solos de várzea, bem como Al e Si. As amostras estudadas neste trabalho também apresentaram baixos níveis destes minerais.

O trabalho presente evidenciou concentrações próximas de 0,30% de Ca e de interessantes 1,47% para o K, ambos em casca de abiu. Oliveira et al. (2006), utilizando-se da técnica de Fluorescência de raios-X (ED), ao estudar diversas frutas tropicais, entre elas o abiu (*Pouteria caimito*), observou o intervalo de 0,73%-0,08% para o K e 0,10%-0,01% para o Ca, além de observar traços de Fe e Br, porém com valores de menor destaque. Neste trabalho foram verificadas concentrações próximas de 0,30% de Ca e de interessantes 1,47% para o K, ambos em casca de abiu. O elemento Br não foi detectado e observou-se valores de Fe próximos ao encontrado na literatura citada.

Em relação ao estudo do perfil mineral do açaí, a maior parte da literatura utiliza a técnica de espectrofotometria de massa com plasma indutivamente acoplado no modo semiquantitativo. No entanto, muitos dos minerais observados neste trabalho com o uso da técnica de Fluorescência de raios-X, também foram observados pela técnica anteriormente citada, demonstrando certa repetitividade, apesar da diversidade destas técnicas. Isso se nota, por exemplo, quando se compara as concentrações dos elementos Al, Co, Rb, Ba, Sr e Fe encontrados por outros autores e por este trabalho.

O açaí, oriundo do oeste da Amazônia (*Euterpe oleracea*), para a maior parte dos elementos estudados, apresentou concentrações maiores de minerais que o açaí oriundo das partes leste e central da Amazônia (*Euterpe precatoria*). Menezes et al. (2008) observou cerca de 1,00 % de K e 0,30% de Ca para o açaí liofilizado, além de 0,12 % para Mg, 0,05% de P e 0,02 de Na para este mesmo material. As sementes de açaí, tanto da espécie *E. precatoria*, quanto da espécie *E. oleracea*, apresentaram concentrações mais relevantes de K, próximas de 1,98% e 2,15%, respectivamente. Tais amostras também apresentaram maiores concentrações dos elementos Mg e P em termos quantitativos.

Em estudo realizado por Aguiar et al. (2010), foram detectados em tortas de sementes de acerola cerca de 0,03 % de Fe, 0,04 % de K, 0,02% de Mg, além de traços de elementos como o Cu e P. Neste estudo foram encontrados valores próximos de Fe (0,05%), porém maiores para os elementos Cu (0,63%) e K (1,12%). Pesquisas atribuem maior importância à farinha de sementes de acerola em relação ao conteúdo de minerais do que a polpa deste fruto, em termos de cálcio, magnésio, zinco, manganês e cobre e também em relação ao ferro, quase sempre apresentando concentração superior ao açaí (0,01%) e feijão preto (0,04%) (AGUIAR et al., 2010; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2003).

Yuyama et al. (1997), em estudo dos elementos minerais Ca, Fe, K, Mn, Na, Se e Zn em alimentos convencionais e não convencionais da Amazônia, observaram concentrações importantes de K (0,31%), Na (10,53%) e Se (0,08%) na polpa de graviola (*Annona muricata*), porém pouca significância na polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), que apresentou concentrações iguais a 0,20% para o K e 0,07% para o Na. Neste trabalho, foram observadas concentrações iguais a 1,61% (K) e 1,32% (K) para as cascas de graviola e cupuaçu, respectivamente. Tais amostras também apresentaram valores superiores de Na, com concentrações de 1,99% e 1,75%, respectivamente.

Há poucos relatos do perfil de minerais para frutos como o buriti (*Mauritia flexuosa*) e uxi (*Endopleura uchi*). Yuyama et al. (1997) verificaram na polpa de buriti concentrações de cálcio 0,03 %, potássio 0,21% e traços de ferro, sódio, selênio e zinco.

Os elementos minerais antioxidantes Zn e Mn apresentaram-se bem distribuídos e em maiores concentrações entre as 18 amostras estudadas. Sabe-se que a composição mineral em frutas pode ser influenciada por vários fatores, como condições climáticas (luz, temperatura, umidade), composição química do solo, diferenças genéticas e práticas agrícolas (OLIVARES et al., 2004; HARDISSON et al., 2001). Estes fatores podem ter contribuído para as diferenças encontradas entre o presente estudo e as referências comparadas.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os minerais presentes na composição dos frutos possuem níveis de concentração diferentes entre si. Os frutos estudados apresentam compostos inorgânicos que predominam em sua composição de maneira compensatória à falta de determinados elementos. Portanto, os antioxidantes inorgânicos presentes nos frutos causam uma caracterização singular a estes, além de valorizá-los culturalmente e economicamente.

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM), a Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e ao Núcleo de Segurança de Alimentos e Nutricional (NUSAN) pelo apoio dado para a realização deste trabalho.

**REFERÊNCIAS**

- AGUIAR, T.M.; RODRIGUES, F.S.; SANTOS, E.R.; SABAA-SRUR, A.U.O. Caracterização química e avaliação do valor nutritivo de sementes de acerola. **J. Brazilian Soc. Food Nutr**, v. 35, p. 91-102, 2010.
- ALVES, A. N. L.; ROSA, H. V. D. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 2, abr./jun., 2003.
- BARRUETO-GONZALEZ, N. B. Biodisponibilidade de minerais das fontes leguminosas. **Rev. Simbio-Logias**, v.1, n.1, p. 174-183, 2008.
- BENZIE, I. F. F. Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology a – Molecular & Integrative Physiology*, 136, 113–126, 2003.
- CADENAS, E.; PACKER, L. **Handbook of antioxidants**. New York: Marcel Dekker, 2002.
- COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de minerais. **R. Nutr.** Campinas, v. 10, n. 2, p. 87-98, jul./dez., 1997.
- DANTAS, C.; MONTEIRO, M. **Fruticultura: sim nós temos banana, limão, caju, manga, abacaxi, laranja, açaí, mamão...economia & desenvolvimento para os novos tempos**, Rio de Janeiro: ABDE. Ano 31, n. 232, p. 26-31, mar./abr, 2007.
- EVANGELISTA, K. C. M. S. **Efeito da suplementação com minerais antioxidantes em pacientes com aterosclerose tratados com estatinas**. Tese, São Paulo, 2010.
- FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O. **Fruticultura: uma alternativa sustentável para o agronegócio na Amazônia**. In: FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; VIEGAS, I. J. M. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.
- GORAIEB, K. **Uso de Quimiometria aliada a Espectroscopia de Raios-X para caracterização de Al em aluminossilicatos e em sílicas modificadas com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**. Tese, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- GORINSTEIN, S.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; NAMIESNIK, J.; VEARASILP, S.; HARUENKIT, R.; RUAMSUKE, P.; KATRICH, E.; TASHMA, Z. Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits. In vitro and in vivo studies. **Food Research International**, 2011.
- HARDISSON, A. et al. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. **Food Chemistry**, v. 73, n.2, p. 153-161, 2001.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n.8, p. 2928–2935, 2005.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p. 726–732, 2005.

KUSS, F. **Agentes oxidantes e antioxidantes**. 2005. Seminário. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIMA, H. N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. 2001. 176 p. Tese, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2001.

LIMA, H. N.; SCHAEFER, C.E.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.J; KER, J.C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols"("Indian black earth") of Wertern Amazonia. **Geoderma**, v 110, n. 1-2, p. 1-17, 2002.

MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SRUR, A.U.S. Nutritional value of açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) liophylized. **Acta Amazonica**. v.38, n.2, p. 211-316 (in Portuguese, with Abstract in English), 2008.

MERLINO, L. C. S. **Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em latossolo que recebeu lodo de esgoto por onze anos consecutivos**. Dissertação, Jaboticabal, São Paulo, 2010.

MILTON, K. Micronutrient intakes of wild primates: are humans different? **Comparative biochemistry and Physiology**, v. 136A, n. 1, p. 47-59, 2003.

MONTEIRO, J. C. M. **Oligoalimentos na nutrição humana**. Dissertação, Monte de Caparica, Portugal, 2017.

MÖRSCHBÄCHER, V. D. **Bário em soluções de nutrição parenteral e medicamentos: origem, níveis de contaminação e avaliação da distribuição no organismo em modelo animal**. Tese, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2012.

NASCENTE, A.S.; ROSA NETO, C. **O agronegócio da fruticultura na Amazônia: um estudo exploratório**. Porto Velho: EMBRAPA-RO, 2005.

NASCIMENTO FILHO, V.F. **Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) e por reflexão total (TXRF)**. Piracicaba: Depto. de Ciências Exatas; CENA, Laboratório de Instrumentação Nuclear, 1999. 32p.

OLIVARES, M. et al. Iron, Zinc, and Copper: Contents in Common Chilean Foods and Daily Intakes in Santiago, Chile. **Nutrition**, v. 20, n. 2, p. 205-212, 2004.

OLIVEIRA, A. L. de; ALMEIDA, E. de; SILVA, F. B. R. da; NASCIMENTO FILHO, V. F. Elemental contents in exotic brazilian tropical fruits evaluated by energy dispersive x-ray fluorescence. **Sci. Agri.** V63, p. 82-84, 2006.

OLIVEIRA, M. E. B. de; GUERRA, N. B.; MAIA, A. de H. N.; ALVES, R. E.; MATOS, N. M. dos S.; SAMPAIO, F. G. M.; LOPES, M. M. T. 2010. Características químicas e físico-químicas de pequis da Chapada do Araripe, Ceará. **Rev. Bras. Frutic.** v. 32, p. 114-125, 2010.

**ORIGINLAB.** Origin and OriginPro, 1991. Disponível em:<<https://www.originlab.com/index.aspx?go=Products/Origin>>. Acesso em: 22 Jan 2020.

PEREIRA, J. C. **Nutrição e alimentação. Sais minerais (macro e microelementos).** Boletim do Criadouro Campo das Caviúnas. n. 18, Cruzeiro, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.criadouromontealvao.com.br/arquivo/18.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2015.

PIEREZAN, B. et al. Análise do perfil oxidativo de diferentes amostras biológicas de pacientes com lesão de ligamento cruzado anterior. **Fisioter. Pesqui.** v. 24, n.2, p. 198-204, 2017.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 20, n. 7, p. 933–956, 1996.

ROBARDS, K.; ANTOLOVICH, M. Analytical chemistry of fruit bioflavonoids – A review. **Analyst**, v. 122 (R11–R34), 1997.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; PASTORE, G. Evaluation of the antioxidant properties of the brazilian cerrado fruit *Annona crassiflora* (araticum). **Journal of Food Science**, v. 71, n.2, C102–C107, 2006.

ROGEZ, H. **Açaí: preparation, composition and conservation improvement.** EDUFPA, Pará, Belém, 313 pp (in Portuguese), 2000.

SANTOS, F. C. Silício orgânico: muito além da estética. O papel do silício em nosso organismo, desde o estímulo de colágeno até o fortalecimento de ossos e fios capilares. **Revista Biotec Dermocosméticos**, ano 01, n. 3, 2009.

SCHLEIER, R., GALITESI, C. R. L., FERREIRA, E. C. M. Silício e cálcio – uma abordagem antroposófica. **Arte Médica Ampliada**. v. 34, n. 3, 2014.

SCHOLZE, A. F. A. A importância do mineral silício na estética. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, ano 15, n. 62, 2015.



SILVA, E. M.; SOUZA, J. N. S.; ROGEZ, H.; REES, J. F.; LARONDELLE, Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**, v. 101, n. 3, p. 1012–1018, 2007.

SILVA, F. W. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; MOTTA, M. B.; SANTANA, M. S. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (terras pretas de índio) na Amazônia central. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** v. 35, n.3, Viçosa Mai/Jun. 2011.

SILVA, S. M. C. S., MURA, J. D. P. **Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia**. 2 ed. São Paulo: Roca, 2010.

SMOLIN, L. A.; GROSVENOR, M. B. **Nutrition: science and applications with bloklet package**. Orlando: John Wiley & Sons Inc, 2007. 864 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National Nutrient Database for Standard**. Release 16, jul. 2003. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/cgibin/nut\\_search.pl?acerola](http://www.nal.usda.gov/fnic/cgibin/nut_search.pl?acerola)>. Acesso em: 20 jan. 2020.

YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; MACÊDO, S. H. M.; GIOIA, T.; YUYAMA, K.; FÁVARO, D. I. T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B. A.; COZZOLINO, S. M. F. Determinação dos teores de elementos minerais em alimentos convencionais e não convencionais da região amazônica pela técnica de análise por ativação com nêutrons instrumental. **Acta Amazonica**. v. 27, p. 183-196, 1997.